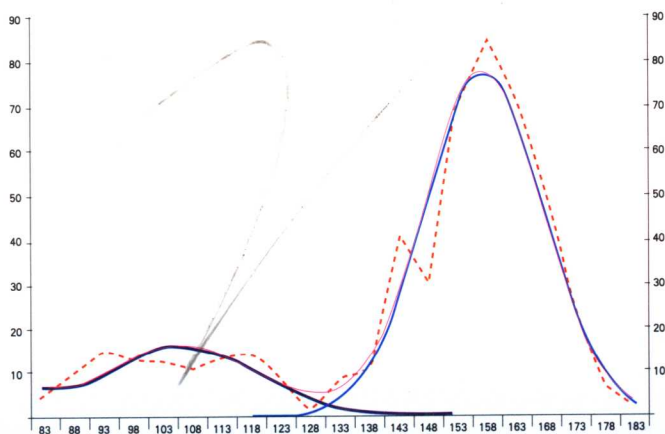


DPS® DATA PROCESSING SYSTEM
Experimental Design, Statistical Analysis and Data Mining
•Tang Qiyi •Feng Mingguang

DPS® 数据处理系统

■ ■ ■ 实验设计、统计分析及数据挖掘

唐启义 冯明光 著



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

本书从应用角度简要地阐述了现代统计学四百多种实验数据统计分析和模型模拟方法,如试验设计、各类型方差分析、列联表分析及非参数检验;专业统计包括了量表分析、顾客满意指数模型、试验诊断 ROC 曲线、生物测定、生存分析、动植物遗传育种、品种区域试验、空间分布型、地理统计、数值生态学方法等;各种回归分析、聚类分析、主成分分析、判别分析、典型相关分析、对应分析等多元分析技术;非线性回归模型参数估计、模型模拟技术;单目标和多目标线性规划、非线性规划等运筹学方法;以及状态方程、数值分析、时间序列分析、模糊数学、BP 神经网络、径向基函数(RBF)、层次分析、小波分析、灰色理论等方法。全书共 8 篇 41 章,配以作者开发的具有自主知识产权的 DPS 统计软件系统光盘 1 张。

本书可供从事农林牧渔、医药卫生、气象、水文地质、工程计算、市场调研、经济等领域的广大科研、教学、管理和技术推广人员使用,也可作为有关专业大学生和研究生学习统计课程的参考书及实践工具书。

图书在版编目(CIP)数据

DPS[®]数据处理系统:实验设计、统计分析及数据挖掘/唐启义,冯明光著. —北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-018047-6

I. D… II. ①唐… ②冯… III. 统计分析-软件包, DPS IV. C819

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 109000 号

责任编辑:鄢德平 赵彦超 杨 然 / 责任校对:钟 洋

责任印制:安春生 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2007 年 1 月第一次印刷 印张: 70 1/4

印数: 1—3 000 字数: 1 349 000

定价: 118.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

前 言

呈现在读者面前的《DPS 数据处理系统——实验设计、统计分析及数据挖掘》是作者于 2002 年出版的《实用统计分析及其 DPS 数据处理系统》的补充和发展。和原来版本一样，它既是一本以实用为目的的统计工具书，更是一份请柬。它邀请读者进入 DPS 数据处理系统漫游，寓复杂繁冗而又沉闷乏味的统计分析于轻松自如和无穷乐趣之中。

现代科学研究，不管是自然科学还是社会科学的各个领域(物理、化学、工程、医学、生物、经济、社会等)，只要存在着带有随机性的数据，就需要应用数理统计方法去有效地收集、整理和分析，以便得出正确的结论，为相关决策行动提供科学依据。

统计学的形成可以追溯到 20 世纪 20 年代。当时 Fisher 等以农业科学试验为对象，探讨试验资料的整理和统计分析方法。1922 年，Hayes 研究亲代与子代蛋白质含量的相关性，提出了相关分析的理论。翌年，Fisher 和 Maekenzie 研究肥料对马铃薯产量的影响，首次提出了方差分析和交互作用的概念。1925 年，Engedow 研究不同品种在不同地区和不同年份的产量表现时，进一步阐述了因素间的交互作用。Fisher 等正是在研究农业科学试验方法的基础上，建立起统计学基本理论和方法，这些已被广泛地应用于科学研究、工农业生产和现代经济管理。

随着经典数理统计科学的发展，在 20 世纪四五十年代，多元统计分析在 Pearson 及 Fisher 等人开拓性工作基础之上又有了坚实的理论基础，如关于多元正态分布的理论著述，Anderson(1958)的《多元统计分析导论》等著作，标志着统计学进入到一个新的发展阶段。但是，多元统计分析的发展、完善和广泛应用，离不开计算机科学和计算数学的发展。由于多元统计分析的计算工作量十分惊人，没有计算机是不可想象的。正是由于计算机技术的飞速发展，一些独特的多元统计分析技术，如偏最小二乘法、主成分分析、典型相关(又称“典范相关”)、因子分析、对应分析、判别分析、聚类分析等，在农林、医药、气象、地质、生物、心理、工业、经济、社会等许多研究和生产领域获得了广泛应用。目前，多元统计分析已是统计学中最活跃的分支学科之一。

传统的自然科学和社会科学研究以定性描述为主。Fisher 等创立的一套经典统计方法在定量研究方面迈出了一大步。但囿于其固有缺陷，试验结果的统计推断不能对有关数量关系从机理上予以合理解释，因而其统计模型仍属经验范畴。因此，现代科学工作者们正力图使具体学科的理论及研究对象同数学有机地结合

起来,以模型来描述、解释自然现象和社会、经济的运动规律,从而解决科研和生产中的实际问题。

自 20 世纪六七十年代以来,一些新的统计理论和分析技术发展起来。如 20 世纪 60 年代 Zadeh 提出的模糊集合论在各个领域的应用已十分广泛。实践证明,模糊数学方法在农业、图像识别、天气预报、地质地震、交通运输、医疗诊断、信息控制、人工智能等领域的应用已初见成效,其发展前景广阔。作为预报和控制的有力工具,研究系统变化规律的时间序列分析技术目前正被广泛用于地质、石油、气象、商业、工程控制等领域,在农业中已被用于作物病虫害的中长期预测预报,并获得了可喜的成功。灰色系统是我国学者邓聚龙先生于 20 世纪 80 年代初提出的用于控制和预测的新技术,目前亦在我国农业、社会和经济等领域广泛应用,并已取得显著成就。

统计学的发展源远流长,内容十分丰富。迄今为止,国内外统计学专著和教科书已有多种版本见诸于世。如果按照一般统计学著述的内容和体裁,我们没有必要再推出一本教科书似的理论专著,让广大科技工作者在复杂的数学公式堆中艰难跋涉。《DPS 数据处理系统》的编写宗旨强调实用性。作者在内容上刻意求新,形式上追求通俗易懂,在取材上尽可能全面,并注意反映当今国内外在试验设计和统计分析方面的最新研究进展。书中介绍的四百多种统计分析方法,可以满足各个领域的统计分析需要,且都能在作者设计制作的 DPS 计算机数据处理系统中随意调用,自如操作。本着服务于读者、服务于用户的最高宗旨,作者对入选的四百多种统计分析方法分门别类,每一类(种)统计分析技术按照方法或原理简介与操作示例两个基本部分编写,全书共分 8 篇 41 章。同时,作者按书中篇目类别设计 DPS 系统的套叠下拉式主菜单和子菜单,将带给读者和用户极大的便利。下面分篇简单给予介绍,以引导读者高效率地使用书中的各种分析技术和 DPS 数据处理系统。

第一篇主要介绍 DPS 系统的性能、特点和操作要领。DPS 数据处理系统是作者独立研究开发的大型通用多功能数据处理分析应用软件系统。该系统在 IBM PC 及其兼容机、中文 Window 98/2000/XP 下运行。因此,在使用 DPS 系统之前,建议读者首先浏览本篇内容,熟悉该系统本身将使读者在数据处理和统计分析中事半功倍。

第二篇的编写充分考虑到经典试验统计的完整性和系统性,提供了比较全面的试验设计和试验结果统计分析的内容,如 t 测验、方差分析、列联表分析、非参数检验、最优回归试验设计与分析以及多元方差分析等,尤其对方差分析给予了较为详尽的介绍。因此,各个层次、各个领域的读者都可使用这些基本的统计学分析方法。

第三篇介绍了一些应用于某些较特殊专业领域的统计分析技术,如心理统计

中的量表分析、顾客满意指数的结构方程模型分析、试验评价的 ROC 曲线分析、地理统计分析,还为育种学工作者提供了品种区域试验的统计分析技术,为生态学工作者提供了动植物种群数量抽样、动植物种群数量空间分布研究、生物群落的消长演替过程分析、生存分析等方面的内容;对从事生物测定研究的科技人员来说,作者既提供了经典 Finney 概率分析方法,还重点引入近几年才逐渐发展起来的更为完善的分析工具,即时间-剂量-死亡率模型(TDM)分析技术。

第四篇以较大篇幅介绍多变量统计分析技术,并注意反映目前国内外的最新研究动态,将最新的技术提供给读者。近年来,多变量统计分析技术已被广泛应用于各个领域的科学试验中,因为人们越来越多地将研究对象作为一个有机结合的整体即多元素系统(亚系统)对待,而不是分割开来,作为单独事物处理。“从树木到森林”,抓住系统运动变化的本质,舍弃次要因素。通过简化系统的结构,探索系统运动变化的总趋势,为人类征服自然、改造自然服务。因此,偏最小二乘回归分析、主成分分析、因子分析、对应分析、典型相关分析、聚类与判别分析以及马尔可夫链分析等多因素分析技术备受自然科学和社会科学各领域科研人员的重视。在 DPS 中还提供了我们研发的含有定性变量的逐步回归分析技术。

第五篇和第六篇向读者介绍相当灵活的通用数学模型的模拟分析和数值计算工具。因前面介绍的分析方法和程式基本上都有完整的体系和要求,读者必须按部就班地照着去做。而利用第五、六篇的通用工具,读者将尽可能地发挥自己的专长和展现自己的学识水平,实现思维活动的飞跃。例如,模拟作物生长发育过程或经济活动的演替规律,建立结合自己专业和学科特点的数学模型,而不是套用别人的现成模型。读者可以借助于 DPS 系统强劲的数学建模功能,在计算机上实现自己的思维活动,获得所想即所见、所见即所得的效果。

第七篇介绍了时间序列分析技术。时间序列分析是根据系统观测得到的时间序列数据,通过曲线拟合和参数估计来建立数学模型的理论和方法,常用于国民经济宏观控制、区域综合发展规划、企业经营管理、市场潜量预测、气象预报、水文预报、地震前兆预报、农作物病虫害灾害预报、环境污染控制、生态平衡、天文学和海洋学等方面。

最后一篇为读者提供一些不属于经典统计学但近年来发展迅速且应用已经相当广泛的模型分析技术,即模糊数学分析、灰色系统分析和神经网络模型技术。只要读者有兴趣,DPS 系统可以帮助读者熟悉和掌握上述各项分析技术,并应用到研究实践中去。

综上所述,本书和 DPS 数据处理系统是密不可分的整体。作为通用的数据处理和统计分析的工作平台,作者在系统的设计方面注重专用性与通用性以及“傻瓜”性和灵活性的关系,以适应不同层次读者的需要。

专用性和通用性。DPS 的有些功能是专为某些领域或完成某一类工作而专门

设计的,如“生物测定”是专为从事化学或生物制剂的生物活性测定的人员而设计的;种群空间分布型及群落参数统计分析、品种区域试验等章节都是服务于某个领域的科学工作者。相对来说,它们的用途比较专一。但是,本书中绝大部分统计分析和建模技术都是通用的,例如丰富的数学函数、交互方式的矩阵运算功能以及通用数学模型的模拟分析技术。DPS 处理数学公式的功能非常独特,有利于读者发挥潜在的想像力和创造力。同时,数学计算功能,特别是矩阵交互式处理功能,在当前微机普及的情况下,将有助于高等院校数理统计课程的教学,使繁冗无味的矩阵运算得以在计算机上精确而快速地进行,并且在一定程度上提高学生的积极性和教学质量。

“傻瓜”性和灵活性。在 DPS 平台上进行经典统计分析的过程十分简单。它无需读者懂得数学推导、无需读者了解运算细节,只需读者将自己的实验数据输入电子表格,将它们定义成数据块(移动鼠标将待分析的数据“框”起来),然后调用分析功能(用鼠标点选菜单),按回车键就可在当前光标下面得到分析结果。虽然有些较复杂的统计分析需要读者输入参数,但系统会自动给以提示,如用户事先没有相关的经验,系统会给出缺省值,用户只管用鼠标点击“确定”按钮,就可以获得较优的分析结果;又如时间序列分析,系统以直观的图形方式让读者确定参数,只要读者稍有常识,无须牢记一大堆统计分析过程中的参数辨识准则,就可成为高水平的建模能手;再如在系统聚类分析中,聚类结果一次成“像”,给出的是非常直观的聚类谱系图等。系统的这些功能,好比一只傻瓜型照相机,使用时只需按快门。另一方面,DPS 系统在数据处理和模型模拟中又比较灵活,完全取决于读者的经验和知识水平。如数据行列的转换功能、通用方差分析的广义线性模型的应用、自定义数学模型的拟合、逐步回归及逐步判别分析中 F 检验临界值的随意调整等等,使读者大有用武之地,挥洒自如。

应当指出,本书不是一本基础理论教材,而是一本不需要高深数理统计知识即可看懂的统计方法论专著。事实上,要把本书中每种统计方法的理论背景在这样一本书中完全交待清楚是不太可能的,因为有些章节本身就是一本书的内容。作者的主要目的是要把读者从繁琐的统计分析中解放出来,既要用最适合、最先进的统计分析技术为自己的研究工作服务,又不被它们复杂的数学公式和运算所困扰。如果本书及其 DPS 数据处理系统,能使读者在数据处理和统计分析方面有所获益或帮助,作者的基本目的就达到了。

DPS 统计软件自 1997 年中国农业出版社第一次出版以来,已经历了 10 个不平凡的年头。在这 10 年中,国内外统计软件品种繁多,竞争十分剧烈,但由于有广大用户的大力支持,DPS 终于突破重围,在国内应用统计软件领域占有了一定地位。为此,我们对 DPS 广大用户以及关心和扶持 DPS 成长的各个领域的专家、学者表示衷心地感谢!

经过 4 年的努力, 尽管 DPS 系统的功能又进一步增强, 但离广大读者的要求还有较大差距。作者希望广大读者继续支持 DPS 数据处理系统这一国产统计分析软件, 使之不断完善。在使用过程中如发现缺点和不足请及时反馈给作者, 以便再次修订时改进。作者将不辜负广大读者的期望, 努力工作, 不断充实新内容。为方便广大读者、用户使用 DPS 数据处理系统, 及时解答用户在应用中的技术问题, 加快更新 DPS 软件步伐, 使之日臻完善, 特设立了为 DPS 统计软件提供技术支持的网站 <http://www.chinadps.net> 和 <http://www.statforum.com>。读者可通过访问该网站随时得到 DPS 使用技术咨询和软件的升级服务。

本书的出版得到国家自然科学基金(30370914)和国家“863”计划项目(2002AA243041)的资助。在本书修订和出版过程中, 作者所在单位和科学出版社给予了大力支持; 浙江大学原副校长程家安教授、湖南省农业厅李绍石研究员、中国水稻研究所胡国文研究员及已故的中国科学院庞雄飞院士对作者在 DPS 统计软件开发、升级, 以及本书写作过程中给予了殷切关怀和鼓励; 香港浸会大学方开泰教授、华东师范大学王静龙教授、成都中医药大学周仁郁教授、湖南中医学院刘明芝教授以及第四军医大学夏结来博士等给予大力帮助; 研究生孙传恒、唐洁和沈爱华协助本书文稿的文字处理; 浙江大学昆虫科学研究所的各位同事给作者工作以很大帮助, 作者在此一并表示感谢。

作 者

2006 年 3 月于杭州

目 录

第一篇 DPS 数据处理系统

第 1 章 DPS 系统简介	3
1.1 系统功能简介	3
1.2 系统运行环境与安装、使用	6
1.3 DPS 的基本操作	10
1.4 数据多关键字排序	14
1.5 数据的区域查询	15
1.6 文本数值转换及字符串数值转换	16
1.7 数据行列转换及行列重排	17
1.8 分类变量的取值和编码	17
1.9 数据统计分析及其建模基本步骤	19
1.10 DPS 系统函数应用	21
参考文献	24
第 2 章 DPS 数据处理基础	25
2.1 数据基本参数计算	25
2.2 常用统计分布及 DPS 统计函数	29
2.3 正态性检验及参考值范围	34
2.4 Trimmed 及 Winsorized 均值	36
2.5 二项分布和 Poisson 分布的置信区间	37
2.6 混合分布参数估计	40
2.7 Pearson-III 型分布	45
2.8 异常值检验	49
2.9 图表处理	52
参考文献	56

第二篇 试验统计分析

第 3 章 单样本和两样本统计检验	59
3.1 显著性检验基本原理	59
3.2 平均数和总体差异检验	61

3.3 总体均值样本量估计	63
3.4 样本率和总体率的比较	64
3.5 Poisson 分布的均数和总体比较	66
3.6 两样本均值差异 t 检验	67
3.7 小样本均值差异 Fisher 非参数检验	71
3.8 Bonferroni 检验	72
3.9 两样本率差别检验	74
3.10 两总体检验样本含量及功效估计	79
3.11 概率模型拟合优度检验	82
参考文献	84
第 4 章 方差分析	85
4.1 方差分析基本原理和步骤	85
4.2 单因素完全随机设计	93
4.3 单因素随机区组设计	98
4.4 系统分组(巢式)设计	100
4.5 二因素(组内无重复)完全随机设计	102
4.6 二因素完全随机设计	104
4.7 二因素随机区组设计	107
4.8 多因素试验设计	111
4.9 裂区试验设计	115
4.10 重复测量资料方差分析	125
4.11 拉丁方设计	133
4.12 协方差分析	134
参考文献	141
第 5 章 一般线性模型(GLM)	143
5.1 线性模型基本原理	144
5.2 GLM 模型用户操作界面	148
5.3 GLM 模型输出结果分析	150
5.4 一般方差分析的 GLM 模型	152
5.5 混合效应模型方差分析	154
5.6 系统分组(或嵌套)设计	157
5.7 裂区试验统计分析	159
5.8 协方差分析	161
5.9 数量化方法 I	163
参考文献	167

第 6 章 分类数据列联表分析	169
6.1 列联表分析及卡方检验概述	169
6.2 列联表的生成与分析	171
6.3 四格表分析	175
6.4 多层 2×2 表 Mental-Haenszel 检验	180
6.5 $R \times C$ 列联表卡方检验	183
6.6 单向有序 $R \times C$ 表统计检验	185
6.7 双向有序且属性不同的 $R \times C$ 表统计检验	187
6.8 McNemar 检验及 KAPPA 检验	191
6.9 $2 \times C$ 表和多层 $2 \times C$ 表	194
6.10 配对病例-对照列联表分析	198
6.11 重复测定资料似然比卡方检验	202
参考文献	203
第 7 章 分类数据模型分析	205
7.1 Logistic 回归	205
7.2 条件 Logistic 回归	209
7.3 多分类无序反应变量 Logistic 回归	212
7.4 多分类有序反应变量 Logistic 回归	215
7.5 Poisson 回归	218
7.6 对数线性模型	221
参考文献	235
第 8 章 非参数检验	236
8.1 两样本配对符号检验	237
8.2 两样本配对 Wilcoxon 符号-秩检验	238
8.3 两样本 Wilcoxon 检验	240
8.4 Kruskal Wallis 检验	242
8.5 中位数检验	245
8.6 Jonckheere-Terpstra 检验	246
8.7 Friedman 检验	248
8.8 Kendall 协同系数检验	250
8.9 Cochran 检验	252
参考文献	253
第 9 章 圆形分布资料统计分析	254
9.1 平均角及其假设检验	254
9.2 两个或多个样本平均角的比较	258

9.3 多个样本平均角的比较	261
9.4 圆-圆相关	262
9.5 圆-线相关	264
参考文献	266
第 10 章 最优回归试验设计与分析	267
10.1 正交试验统计分析	267
10.2 二次正交回归组合设计	274
10.3 均匀试验设计	278
10.4 二次饱和 D-最优设计	289
10.5 二次正交旋转及二次通用组合实验统计分析	290
10.6 二次多项式回归模型	295
参考文献	304
第 11 章 多元统计检验	305
11.1 多个协方差阵齐性检验	305
11.2 多元均值检验	307
11.3 两样本均值比较	308
11.4 成对试验的统计检验	309
11.5 多元方差分析简介	310
11.6 单向分组完全随机设计	311
11.7 单向分组随机区组设计	314
11.8 二因素完全随机设计	316
11.9 二因素随机区组设计	318
11.10 轮廓分析	319
参考文献	324
第三篇 专业试验统计	
第 12 章 生物测定	327
12.1 定性数据概率分析	327
12.2 定量数据概率分析	333
12.3 时间-剂量-死亡率模型分析	336
参考文献	342
第 13 章 量表分析和顾客满意指数模型	343
13.1 项目分析	343
13.2 量表可信度分析	346
13.3 顾客满意指数模型	352

参考文献	361
第 14 章 抽样技术	362
14.1 简单随机抽样	362
14.2 分层随机抽样	368
14.3 整群抽样	378
14.4 系统抽样	385
14.5 序贯抽样	391
14.6 标记-重捕获方法	395
14.7 敏感性问题抽样	405
参考文献	417
第 15 章 诊断试验评价	419
15.1 诊断试验常用指标	419
15.2 有序分类资料 ROC 曲线	424
15.3 定量数据 ROC 曲线分析	430
15.4 汇总多个样本的 SROC 曲线分析	432
参考文献	438
第 16 章 生存分析	440
16.1 生存率估计	441
16.2 两样本生存率 Log-rank 检验	445
16.3 寿命表的编制与分析	448
16.4 比例风险模型-COX 回归	459
16.5 指数模型	464
16.6 Weibull 模型	467
参考文献	469
第 17 章 数学生态学方法	470
17.1 种群空间分布型聚集度指标测定	470
17.2 种群空间分布型-频次分布检验	473
17.3 负二项分布公共 k 值估计	479
17.4 二元变量距离系数	481
17.5 距离系数计算	484
17.6 极点排序	487
17.7 物种丰富度估计	489
17.8 对数序列参数估计	491
17.9 对数正态分布模型参数估计	493
17.10 群落多样性指数	494

17.11 生态位宽度指数	497
17.12 生态位重叠指数	499
参考文献	502
第 18 章 地理统计	504
18.1 空间自相关分析	504
18.2 空间联系统计分析	508
18.3 局部空间相关分析	513
18.4 实验半变异函数	516
18.5 协方差函数及相关系数	519
18.6 变异函数理论模型的最优拟合	520
18.7 交叉验证(cross validation)	523
18.8 克立格插值	526
参考文献	528
第 19 章 品种区域试验	529
19.1 一年多点试验稳定性分析	529
19.2 一年多点区域试验的统计分析	538
19.3 多年多点品种区域试验的统计分析	541
19.4 品种区域试验 AMMI 模型分析	544
19.5 SHMM 模型	553
参考文献	555
第 20 章 遗传统计(参数估计)	556
20.1 世代平均数分析方法	556
20.2 遗传力	560
20.3 重复力(率)	571
20.4 遗传相关	576
20.5 选择指数	581
20.6 最佳线性无偏预测(BLUP)	585
参考文献	587
第 21 章 遗传统计(遗传交配设计)	588
21.1 NC I 设计(两因素巢式设计)	588
21.2 NC II 设计(不完全双列杂交设计)	590
21.3 NC III(回交系统)设计	594
21.4 完全双列杂交 Griffing 配合力分析	596
21.5 Griffing 分析: 亲本+ 正反交 F_1 组合	599
21.6 Griffing 分析: 亲本+ 正交 F_1 组合	604

21.7 Griffing 分析: 无亲本, 仅正反交 F_1 组合	607
21.8 Griffing 分析: 无亲本, 仅一组 F_1 试验	611
21.9 双列杂交设计 Hayman 分析法	614
参考文献	621

第四篇 多元统计分析

第 22 章 回归分析	625
22.1 线性回归	625
22.2 逐步回归分析	636
22.3 二次多项式回归分析	644
22.4 含定性变量的逐步回归分析	646
22.5 双重筛选逐步回归	651
22.6 岭回归	656
22.7 趋势面分析	661
22.8 Tobit 回归	666
22.9 主成分回归	672
22.10 偏最小二乘回归	676
参考文献	680
第 23 章 聚类分析	682
23.1 系统聚类分析	683
23.2 0-1 型变量聚类分析	690
23.3 动态聚类分析	693
23.4 有序样本的分类	697
23.5 非线性映射分析	701
23.6 两维图论聚类	704
参考文献	706
第 24 章 判别分析	708
24.1 两组判别	708
24.2 Fisher 线性判别	712
24.3 逐步判别分析	717
参考文献	725
第 25 章 多因子分析	727
25.1 主成分分析	727
25.2 因子分析	734
25.3 对应分析	749

25.4 典型相关分析	758
参考文献	768
第 26 章 概率统计模型	769
26.1 连续数据序列分级	769
26.2 马尔可夫链	771
26.3 多元时空序列马尔可夫链分析	774
26.4 加权列联表分析	779
26.5 多因子综合相关分析	782
参考文献	786
第五篇 数学模型模拟分析	
第 27 章 非线性回归模型	789
27.1 参数估计基本原理	789
27.2 非线性回归分析技术要点	795
27.3 一元非线性回归模型	798
27.4 非线性回归分析实例研究	802
27.5 二值反应变量模型参数估计	812
27.6 有约束条件模型参数估计	818
27.7 多因变量联立方程的参数估计	823
参考文献	826
第 28 章 数学模型模拟与优化	827
28.1 模型模拟分析	827
28.2 模型参数灵敏度分析	833
28.3 模型优化	835
参考文献	839
第 29 章 数学规划	840
29.1 线性规划	840
29.2 多目标线性规划: 评价函数法	845
29.3 多目标线性规划: 逐步宽容约束法	850
29.4 多目标线性规划: 分层评价法	852
29.5 非线性规划	858
29.6 投入产出分析	861
参考文献	865
第 30 章 状态空间模型	866
30.1 线性控制系统能控性	867

30.2 线性控制系统能观性	869
30.3 连续线性状态方程离散化	871
30.4 离散状态方程求解	872
参考文献	876

第六篇 常用数值分析

第 31 章 矩阵计算	879
31.1 矩阵转置	879
31.2 矩阵基本运算	880
31.3 矩阵自乘	882
31.4 矩阵样本方差	883
31.5 矩阵总体方差	884
31.6 解正规方程组	885
31.7 矩阵求逆	885
31.8 奇异值分解	887
31.9 实对称矩阵特征值和特征向量	888
31.10 实矩阵特征值和特征向量	890
31.11 应用矩阵运算组建多元线性回归模型	895
参考文献	897
第 32 章 方程求解及多项式求根	898
32.1 求解线性方程组	898
32.2 非线性方程组求解	899
32.3 实系数多项式求根	901
参考文献	904
第 33 章 微积分数值计算	905
33.1 定积分	905
33.2 多重积分	906
33.3 数值微分	909
33.4 微分方程(组)初值求解	910
参考文献	913

第七篇 时间序列分析

第 34 章 时间序列趋势分析	917
34.1 一次滑动平均模型	917
34.2 一次指数平滑模型	918

34.3	线性回归模型	919
34.4	二次滑动平均模型	920
34.5	二次指数平滑模型	922
34.6	一次平滑模型	925
34.7	三次指数平滑模型	926
34.8	最优气候均态模型	927
	参考文献	929
第 35 章	时间序列周期分析	930
35.1	小波分析	930
35.2	时间序列周期方差分析外推法	933
35.3	季节性水平模型	937
35.4	季节性交乘趋势模型	941
35.5	季节性叠加趋势模型	945
	参考文献	949
第 36 章	平稳时间序列分析	951
36.1	取样间隔与插值处理	951
36.2	数据序列突变点的检测	953
36.3	数据序列统计特性估计	958
36.4	差分自回归移动平均(ARIMA)模型	964
	参考文献	979
第 37 章	其他时间序列模型	980
37.1	季节-周期组合模型	980
37.2	多变量时间序列 CAR 模型	985
37.3	门限自回归模型	992
37.4	均值生成函数预测模型	997
	参考文献	1000
 第八篇 其他数据分析方法 		
第 38 章	模糊数学方法	1003
38.1	模糊聚类分析	1003
38.2	模糊模式识别	1012
38.3	模糊相似优先比方法	1015
38.4	模糊综合评判	1019
38.5	模糊关系方程求解	1022
38.6	综合评判逆问题	1024